

植物培養細胞を活用した機能性化合物のグリコシル化

大分大学 医学部 准教授 下田 恵
岡山理科大学 理学部 教授 濱田 博喜

1 はじめに

近年、プロドラッグやプロサプリメントが注目され、機能性化合物の高効率な化学修飾が切望されている。我々はその一環として配糖化、特に、グルコシル化を化学修飾として選択している。

培養細胞や酵素などの生体触媒が行う反応を、有機合成プロセスの一過程に組み込んだ有用物質生産の研究は盛んに行われており、その成果は医薬品や香料、食品添加物などのファインケミカルズの生産へ利用されるに及んでいる。今日までに利用された主な生体触媒は、微生物、菌体、酵母、動物細胞、およびそれらの酵素系である。これに加え、近年、生体触媒としての植物培養細胞が有する物質変換機能が注目されている。陸上に生息し、移動する手段をほとんど持たない植物は、自己防衛および情報伝達のため、様々な二次代謝産物を生産する。このことから植物細胞は多様の酵素を持ち、植物固有の物質変換、合成機能を有していると考えられる。筆者らは、この植物に潜在する物質変換機能の酵素を生体触媒として活用する目的で、植物培養細胞による外来基質の変換反応に関する研究を行っている。これまでに、植物培養細胞が触媒する還元反応、加水分解反応、異性化反応、配糖化反応、エステル化反応、および水酸化反応について、変換研究の成果が得られている。この中でも、植物細胞が行う配糖化反応は、細胞内では代謝産物の活性調節に関与する重要な反応であり¹⁾、その特性から、種々の生理活性化合物の安定化へ応用が可能である。例えば、配糖体を生理活性化合物の前駆体として生体内に取り込ませ、生体内で活性を発現させることができると考えられる。

有機合成に生体触媒を利用するメリットのひとつとして、その選択性の高さがあげられる。さらに、生体触媒による反応では、化学的に合成した場合には煩雑な行程を要する配糖体についても、一段階の酵素的反応で得られる。このことから、立体選択的な配糖化能力が高い植物培養細胞の有機合成化学への利用に期待がかけられている。

我々の研究室では植物培養細胞が触媒する配糖化反応を、生理活性化合物の変換へ応用・展開して、安定性と新規な生理活性を有する化合物を合成する試みを行っている。本稿では、これまでに得られている植物培養細胞による生理活性化合物の変換および活性化に関する研究成果について紹介する。

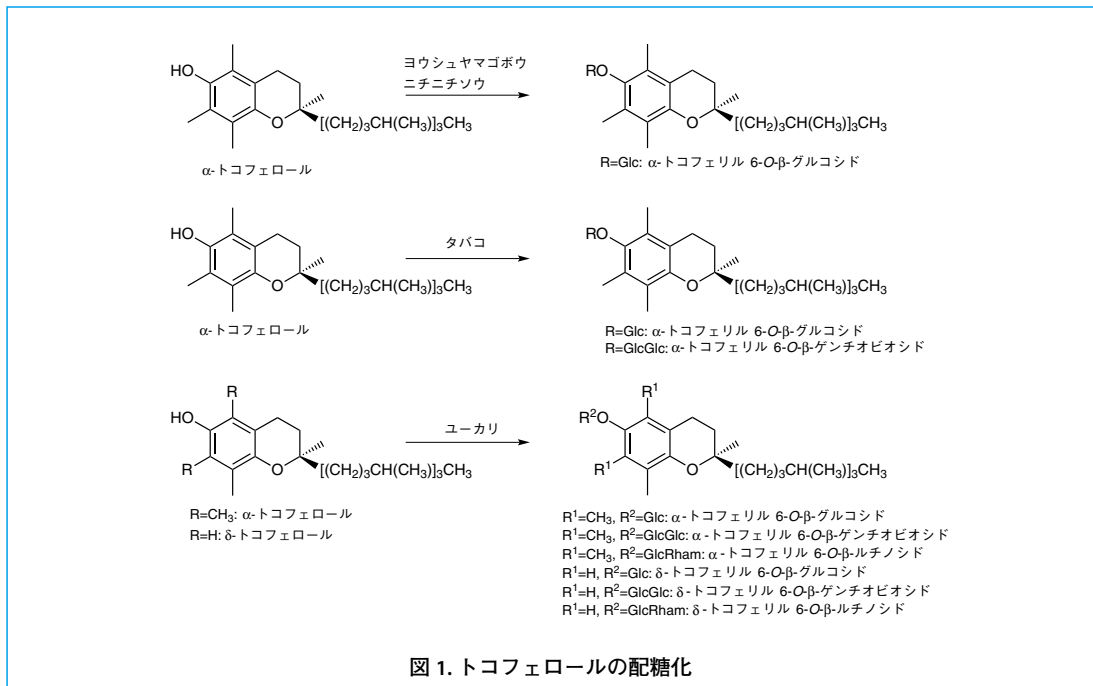
2 トコフェロール類の配糖化

2-1. トコフェロールの変換

トコフェロールには動脈硬化を防ぐ作用、血栓の生成を防ぐ作用、血行を促進する作用、およびホルモンを調整する作用があり、医薬品、食品添加物、動物薬、動物用飼料など幅広く使われている。しかし、トコフェロールは光に不安定であり、水溶媒に対する溶解度も極めて低い。また、これまでに、

植物培養細胞によるトコフェロールの変換研究の報告はない。筆者らは種々の植物培養細胞によるトコフェロールの変換を行い、より安定で生理機能をもつトコフェロール誘導体の合成を検討することとした²⁻⁵⁾。

天然のトコフェロールのうち、 α -トコフェロールを基質として用いた。ヨウシュヤマゴボウ (*Phytolacca americana*) 培養細胞による α -トコフェロールの変換の結果を図1に示す。基質 α -トコフェロールは、対応する α -トコフェリル 6-O- β -グルコシドへ変換された。ニチニチソウ (*Catharanthus roseus*) 培養細胞による変換の場合にも同様に、 α -トコフェリル 6-O- β -グルコシドに変換した。これに対し、タバコ (*Nicotiana tabacum*) 培養細胞で α -トコフェロールを変換したところ、 α -トコフェリル 6-O- β -グルコシドに加え、対応する α -トコフェリル 6-O- β -ゲンチオビオシドが生成物として得られた。また、ユーカリ (*Eucalyptus perriniana*) 培養細胞による α -トコフェロールの変換では、 α -トコフェリル 6-O- β -グルコシドと α -トコフェリル 6-O- β -ゲンチオビオシドに加え、 α -トコフェリル 6-O- β -ルチノシドが変換生成物として得られた。一方、天然のトコフェロールのうち、 δ -トコフェロールを基質として用いた場合にも、ユーカリ培養細胞は δ -トコフェリル 6-O- β -グルコシド、 δ -トコフェリル 6-O- β -ゲンチオビオシド、および δ -トコフェリル 6-O- β -ルチノシドに変換した。以上、ヨウシュヤマゴボウ培養細胞およびニチニチソウ培養細胞はトコフェロール類を単糖配糖体へ変換し、タバコ培養細胞とユーカリ培養細胞はそれぞれ対応する二糖配糖体にまで変換する能力があることが明らかとなった。また、トコフェロール類をゲンチオビオシドおよびルチノシドへ変換する機能は、タバコ培養細胞及びユーカリ培養細胞のみにみられる特徴的なものである。

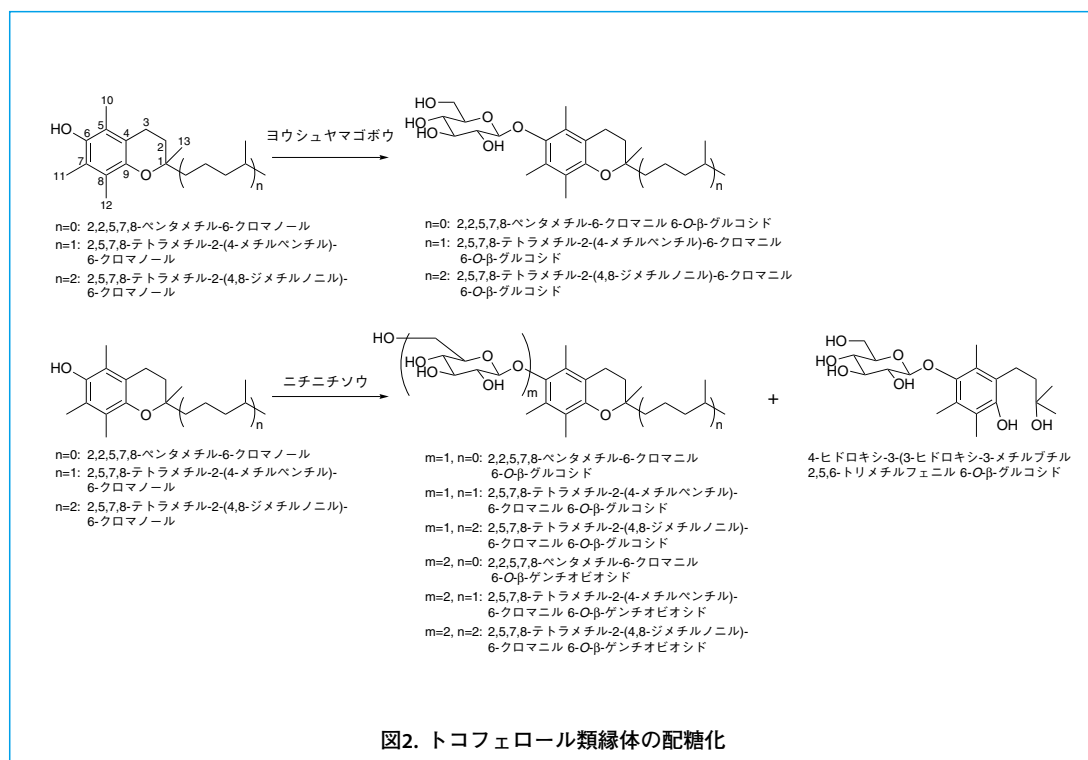


2-2. トコフェロール類縁体の変換

我々は、クロマノール環の2位の側鎖の炭素鎖長を様々に変えたトコフェロール類縁体について植物培養細胞による変換を行い、新規な生理活性化合物を合成しようと試みている^{2,6)}。市販の α -トコフェロール類縁体である 2,2,5,7,8-ペンタメチル-6-クロマノールと、合成した 2,5,7,8-テトラメチル-

2-(4-メチルペンチル)-6-クロマノール，および2,5,7,8-テトラメチル-2-(4,8-ジメチルノニル)-6-クロマノールを基質として用いた植物培養細胞による変換の結果を紹介する。

ヨウシュヤマゴボウおよびニチニチソウ培養細胞によるトコフェロール類縁体の変換の結果を図2に示す。ヨウシュヤマゴボウ培養細胞により，これら3種類のトコフェロール類縁体は，それぞれ対応する6-O-β-グルコシドへ変換された。これに対し，ニチニチソウ培養細胞は2,2,5,7,8-ペンタメチル-6-クロマノールを2,2,5,7,8-ペンタメチル-6-クロマニル 6-O-β-グルコシド，2,2,5,7,8-ペンタメチル-6-クロマニル 6-O-β-ゲンチオビオシド，および1位が加水分解された4-ヒドロキシ-3-(3-ヒドロキシ-3-メチルブチル 2,5,6-トリメチルフェニル 6-O-β-グルコシドへ変換した。このことから，ニチニチソウ培養細胞は2,2-ジメチル型のトコフェロール類縁体の6位をグルコシル化，ゲンチオビオシル化，および1位を加水分解する機能を有することがわかった。さらにニチニチソウ培養細胞は2,5,7,8-テトラメチル-2-(4-メチルペンチル)-6-クロマノールと2,5,7,8-テトラメチル-2-(4,8-ジメチルノニル)-6-クロマノールを，それぞれ対応する6-O-β-グルコシドおよび6-O-β-ゲンチオビオシドへ変換した。この変換では1位が加水分解された生成物は得られなかった。このように植物培養細胞によって，トコフェロール類縁体に対する異なる変換能力が示されたことは興味深い。



2-3. トコフェロール配糖体の抗アレルギー活性

最近，トコフェロールの配糖体は抗アレルギー活性を有することが報告されている⁷⁾。植物培養細胞による変換で得られたトコフェロール配糖体の生理機能は大変興味深い。筆者らはトコフェロールおよびトコフェロール類縁体の各種の配糖体について，抗アレルギー活性を検討するため，トコフェロール配糖体を用いる抗体産生抑制試験を行った⁴⁾。オボアルブミンを抗原として腹腔内投与したラットにそれぞれのサンプルを11日間，一定量/日の投与を行い，投与開始から15日目における血中の

抗体量として、ラット5匹の平均IgE抗体レベルを調べた。表1に種々のトコフェロール配糖体による抗体産生抑制活性を指標とした、抗アレルギー機能試験の結果を示す。トコフェロールおよびトコフェロール類縁体のβ-ゲンチオビオシドでは抗アレルギー活性が低かったのに対し、トコフェロールおよびトコフェロール類縁体のβ-グルコシドは高い活性を示した。トコフェロール配糖体がこのような生理機能を持つことはきわめて興味深い現象である。

表1. トコフェロール配糖体の抗体産生抑制活性

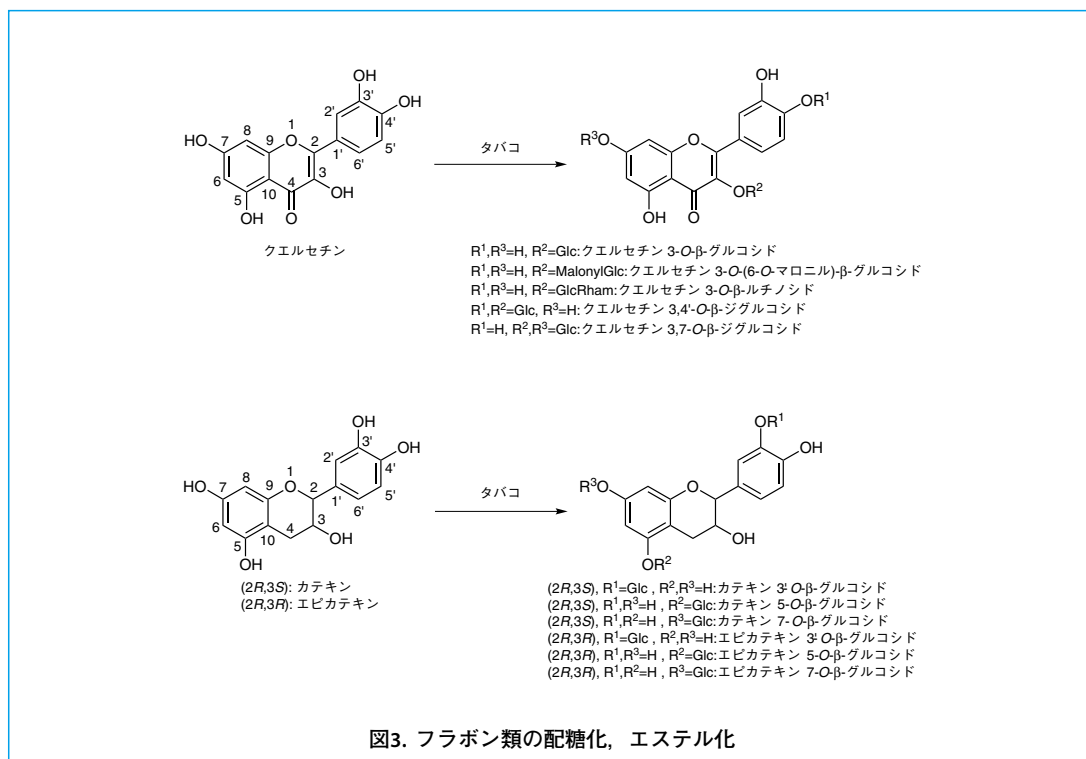
化合物	IgE抗体レベル ^a
α-トコフェリル 6-O-β-グルコシド	195
2,5,7,8-テトラメチル-2-(4-メチルペンチル)- 6-クロマニル 6-O-β-グルコシド	184
2,5,7,8-テトラメチル-2-(4,8-ジメチルノニル)- 6-クロマニル 6-O-β-グルコシド	170
α-トコフェリル 6-O-β-ゲンチオビオシド	337
2,5,7,8-テトラメチル-2-(4-メチルペンチル)- 6-クロマニル 6-O-β-ゲンチオビオシド	366
2,5,7,8-テトラメチル-2-(4,8-ジメチルノニル)- 6-クロマニル 6-O-β-ゲンチオビオシド	353
ヒドロコルチゾン	341

^a 試料をラットに投与(10 mg/kg)した際の血清中のIgEレベル (5匹の平均)

3 フラボン類の配糖化, エステル化

フラボン類はフリーラジカルを直接除去することができる強力なラジカルスカベンジャーとして知られている。クエルセチン, エピカテキン, カテキンなどのフラボン類は, 抗菌作用, 抗腫瘍作用, 血圧上昇抑制作用などの優れた生理作用を有することから, 医薬産業から食品に至るまで幅広い分野で利用されている。

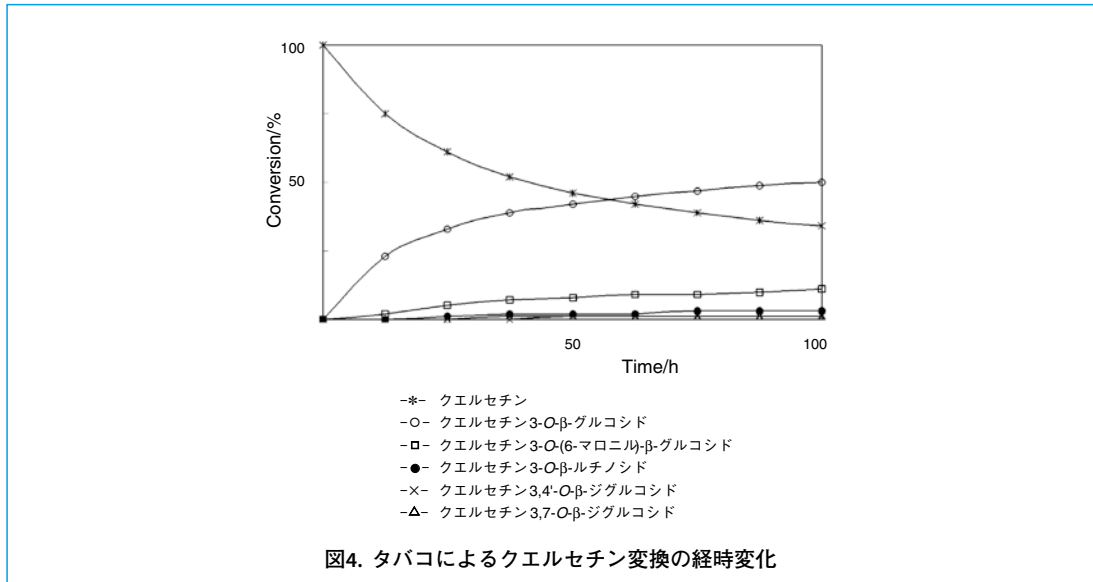
我々は植物培養細胞によるこれらのフラボン類の変換を行い, 光酸化に対する色沢安定性や生理作用, および天然における希少価値の高い水溶性フラボン (配糖化フラボンおよびマロニル配糖化フラボン) を合成しようとして試みている⁸⁾。まず, タバコ培養細胞によるクエルセチンの変換を調べた。タバコ培養細胞は, クエルセチンをクエルセチン 3-O-β-グルコシド, クエルセチン 3-O-(6-O-マロニル)-β-グルコシド, クエルセチン 3-O-β-ルチノシド, クエルセチン 3,4'-O-β-ジグルコシド, およびクエルセチン 3,7-O-β-ジグルコシドに変換した (図3)。



変換反応の経時的追跡は、通常の物質変換実験と同様にインキュベートさせた複数のフラスコについて、一定時間ごとにフラスコ一本から反応物を抽出することにより行う。生成物の相対量は、抽出物の高速液体クロマトグラフィー（HPLC）分析により求める。変換の経時変化の様子を図4に示す。この結果より、タバコ培養細胞は、クエルセチンの3位のヒドロキシ基を位置および立体選択的に配糖化して対応する β -配糖体に変換することが明らかとなった。また、タバコ培養細胞はクエルセチン3-O- β -グルコシドの糖の6位のヒドロキシ基を位置選択的にマロニル化することが分かった。

次に、タバコ培養細胞によるエピカテキンの変換を調べた。その結果、タバコ培養細胞はエピカテキンをエピカテキン3'-O- β -グルコシド、エピカテキン5-O- β -グルコシド、エピカテキン7-O- β -グルコシドへ変換した。同様にタバコ培養細胞は、カテキンをカテキン3'-O- β -グルコシド、カテキン5-O- β -グルコシド、カテキン7-O- β -グルコシドに変換した。以上の結果から、タバコ培養細胞はカテキンおよびエピカテキンの3'-, 5-, 7-位をそれぞれ立体選択的に β -グルコシル化することがわかった。また、タバコ培養細胞はクエルセチンを3種類の二糖配糖体へ変換したのに対し、エピカテキンおよびカテキンについては単糖配糖体のみに変換することが明らかになった。

クエルセチン3-O-(6-O-マロニル)- β -グルコシドは、血中コレステロール低下作用、中性脂肪低下作用、および抗動脈硬化作用を有する生理活性化合物として知られている。また、カテキン3'-O-グルコシドは高いチロシナーゼ阻害活性を示すことが知られている。今回の研究により、タバコ培養細胞はフラボン類を、高い安定性や生理機能を有する水溶性フラボンへ変換する能力を持つことが明らかになった。植物培養細胞によるフラボン類の変換研究における一層の展開が期待される。

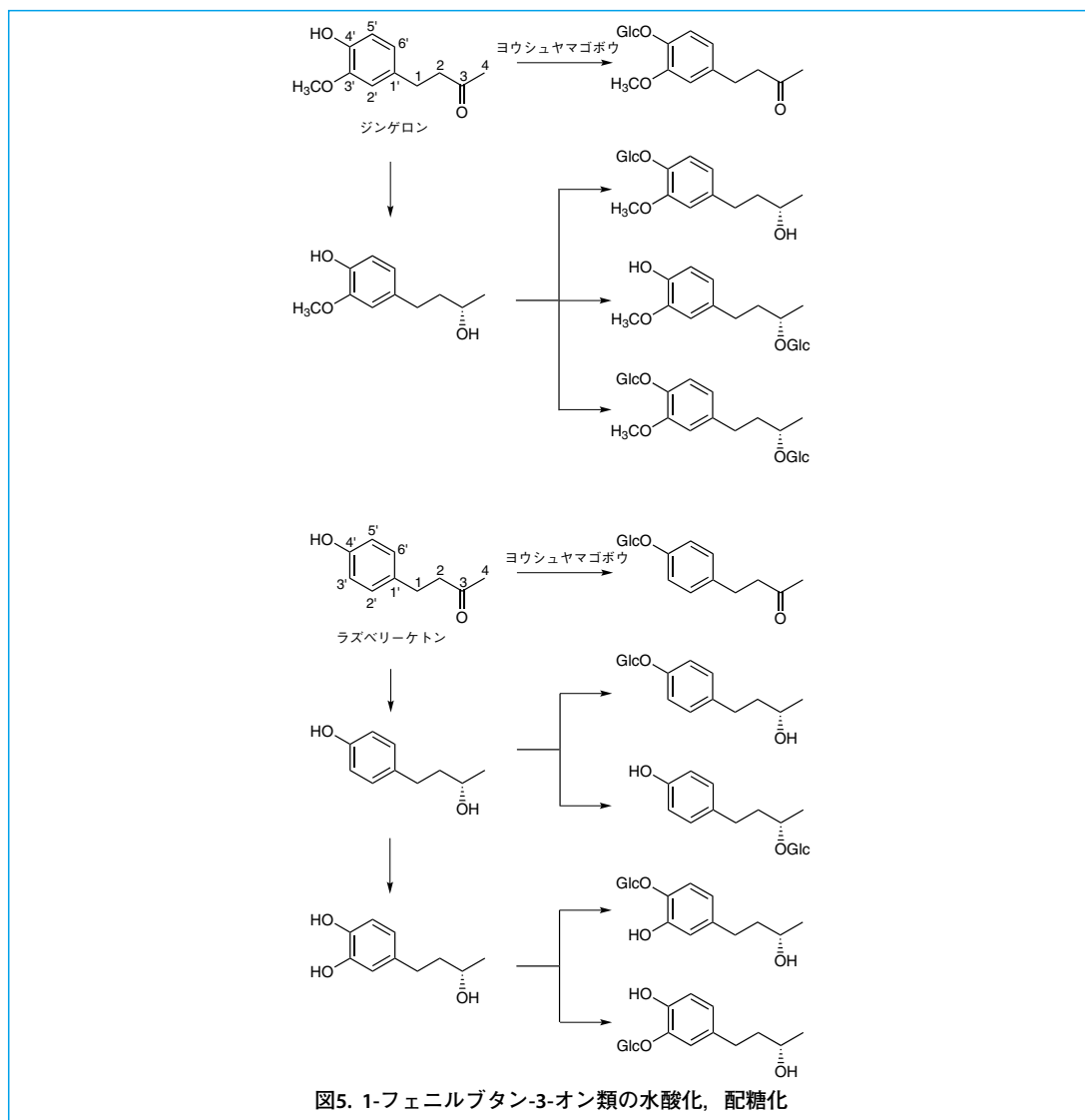


4 1-フェニルブタン-3-オン類の水酸化、配糖化

ジンゲロンは生姜の有効成分であり、血行を促進し、循環機能を高める効果があることが報告されている⁹⁾。一方、キイチゴに含まれるラズベリーケトンには脂肪燃焼効果があることが報告されている¹⁰⁾。これまでに、植物培養細胞によるジンゲロンおよびラズベリーケトン等の1-フェニルブタン-3-オン類の変換研究の報告はない。

我々の研究室では、植物培養細胞によるこれらの1-フェニルブタン-3-オン類の変換を行い、より安定性と生理作用の高い誘導体を合成しようと試みている¹¹⁾。ここではヨウシュヤマゴボウ培養細胞によるジンゲロンとラズベリーケトンの変換の結果を報告する。ヨウシュヤマゴボウ培養細胞はジンゲロンを4'-O-β-グルコシドに変換した(図5)。3位のカルボニル基が還元されたアルコール体について、4'位、3位、3,4'位をそれぞれ配糖化した。また、ラズベリーケトンを基質として用いた場合には、ヨウシュヤマゴボウ培養細胞は対応する4'-O-β-グルコシドに変換した。ラズベリーケトンはヨウシュヤマゴボウ培養細胞により3位のカルボニル基が還元され、3'位が水酸化された。一方、ヨウシュヤマゴボウ培養細胞はラズベリーケトンの還元体について4'位と3位をそれぞれ配糖化し、水酸化体について3'位と4'位をそれぞれ配糖化し、対応するβ-グルコシドへ変換した。以上のことより、1-フェニルブタン-3-オン類に対して、ヨウシュヤマゴボウ培養細胞は還元、水酸化、および配糖化を生起することが明らかとなった。

1-フェニルブタン-3-オンの3'-O-β-グルコシドは水溶液中で強いラジカル消去活性を示す抗酸化性化合物である。1-フェニルブタン-3-オン類の植物培養細胞による変換反応は、有機合成化学において興味ある反応であり、今後この変換研究の一層の進展が期待される。

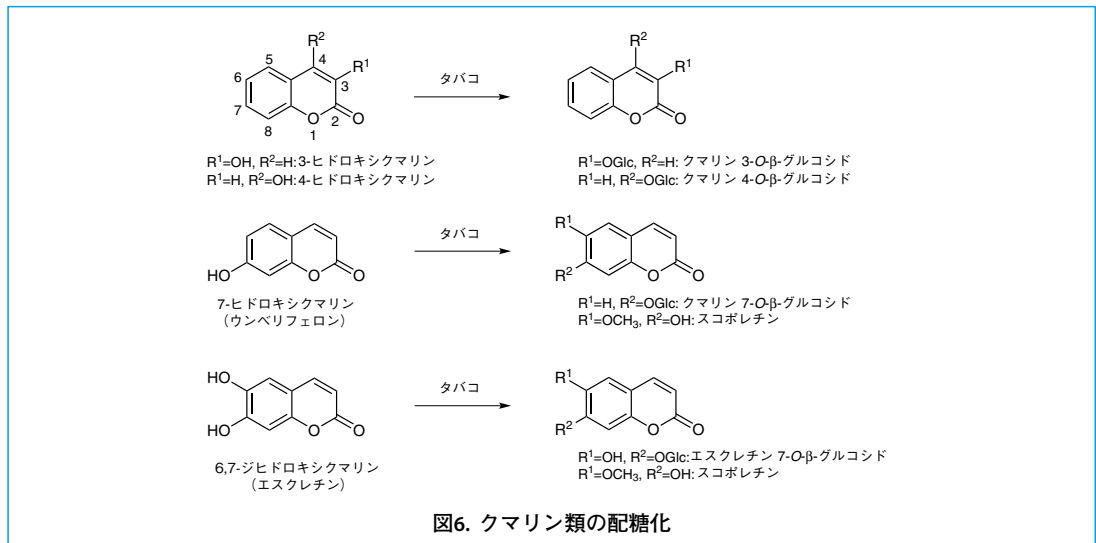


5 クマリン類の配糖化

植物界に広くみられる芳香族化合物であるクマリン類のうち、スコポレチンやウンベリフェロンなどのヒドロキシクマリン類には、がん抑制効果や、血圧抑制効果、脂質代謝の改善効果などの興味深い生理活性があり、生体触媒によるクマリン類の変換についても高い関心が寄せられている。我々はタバコ培養細胞によるヒドロキシクマリン類の変換を調べている¹²⁾。これまでの結果を図6に示した。タバコ培養細胞は3-ヒドロキシクマリンおよび4-ヒドロキシクマリンのヒドロキシ基を配糖化して、それぞれ対応するβ-グルコシドに変換した。また、タバコ培養細胞は7-ヒドロキシクマリン（ウンベリフェロン）の7位のヒドロキシ基を配糖化してクマリン7-O-β-グルコシドに変換したほか、6位をメトキシ化して7-ヒドロキシ-6-メトキシクマリン（スコポレチン）に変換した。さらに、タバコ培養細胞は6,7-ジヒドロキシクマリン（エスクレチン）の7位のヒドロキシ基を配糖化してエスクレチン7-O-β-グルコシドに変換したほか、6位のヒドロキシ基をO-メチル化してスコポレチンに変換した。この配糖化は7位において位置選択的に生起しており、6位が配糖化された生成物は得られなかった。

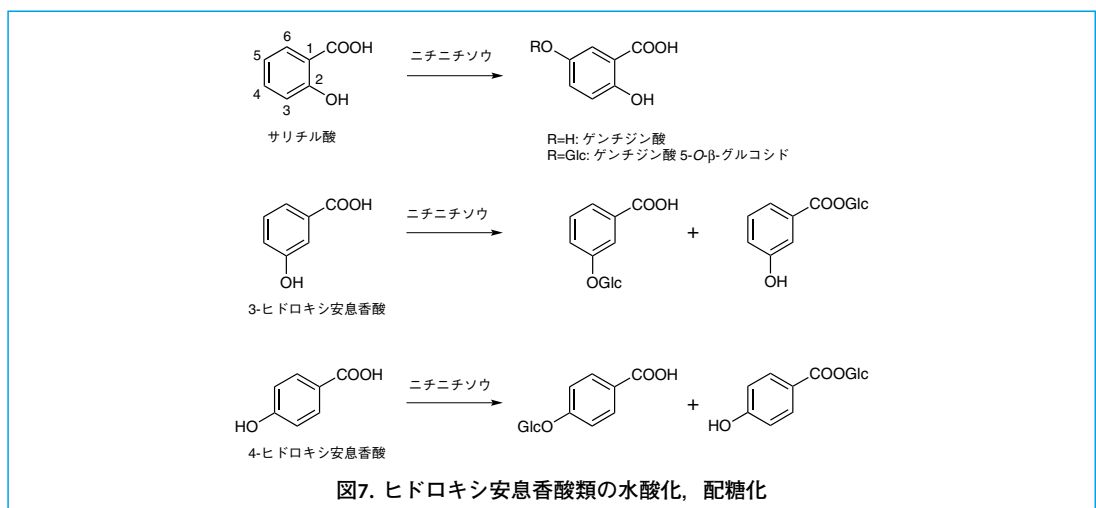
このことより、タバコ培養細胞は、位置選択的にヒドロキシクマリン類の7位を配糖化する機能と、6位をメトキシ化、6位のヒドロキシ基をO-メチル化する機能をもつことが明らかとなった。

このような変換の特徴はタバコ培養細胞のみが持っているものであり、化学試薬ではできない制御である。植物培養細胞によるクマリン類の反応が広く展開されることを期待している。



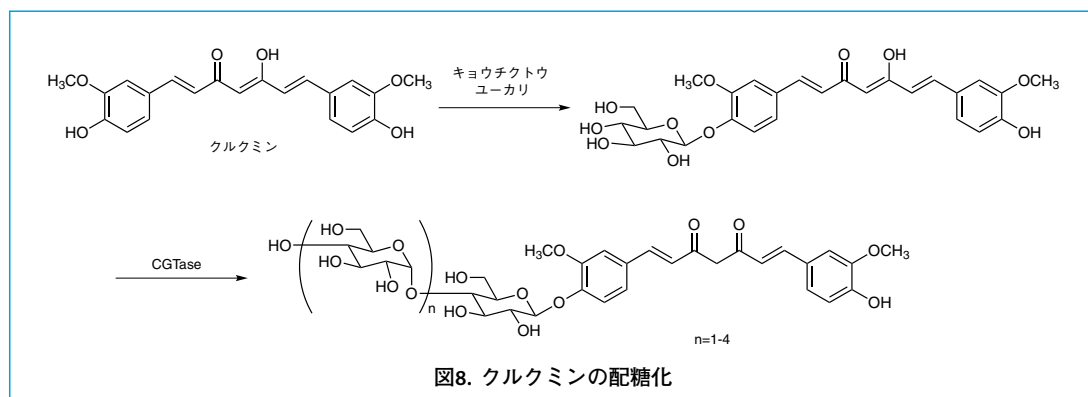
6 ヒドロキシ安息香酸類の水酸化、配糖化

サリチル酸やゲンチジン酸などのヒドロキシ安息香酸類には、解熱作用や鎮痛作用、抗菌作用、抗酸化作用、肝機能を正常に保つ作用をもつものがあり、古くから利用されてきた。我々の研究室では、ヒドロキシ安息香酸を投与することにより、植物培養細胞からの効率的なゲンチジン酸の生産を研究している¹³⁾。ニチニチソウ培養細胞は、2-ヒドロキシ安息香酸（サリチル酸）の5位にヒドロキシ基を導入して2,5-ジヒドロキシ安息香酸（ゲンチジン酸）に変換することがわかった（図7）。ゲンチジン酸の5位はさらに配糖化され、対応するゲンチジン酸 5-O-β-グルコシドに変換された。また、ニチニチソウ培養細胞は3-ヒドロキシ安息香酸および4-ヒドロキシ安息香酸をそれぞれ対応するβ-グルコシドとβ-グリコシルエステルに変換した。



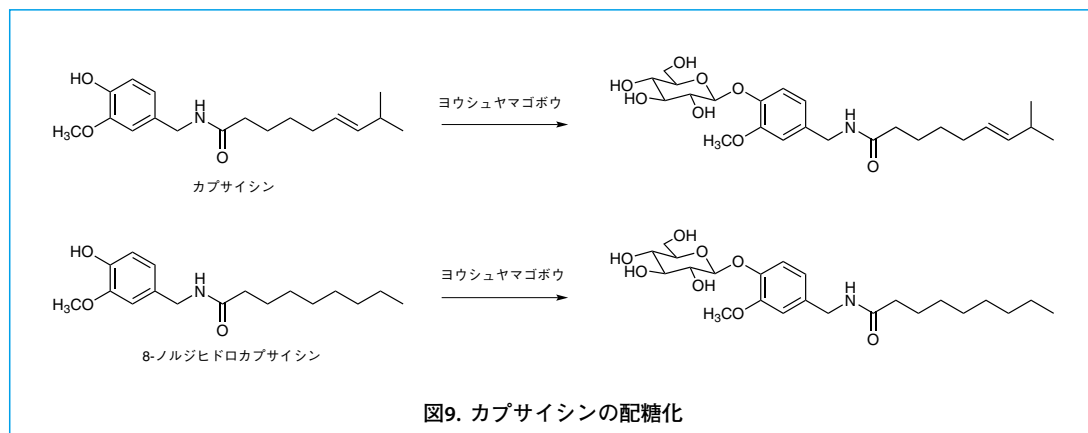
7 クルクミンの配糖化

クルクミンは抗腫瘍作用、抗酸化作用、抗アミロイド作用、抗炎症作用を示し、栄養補助食品としての利用や医学的な利用が期待される物質である。しかし、クルクミンの水溶性は非常に低いことが知られており、また、クルクミンには生物学的利用率が低いという欠点がある。我々の研究室ではクルクミンの水溶性と生物学的利用率を改善する目的で、クルクミン配糖体の生産を試みている。結果を図8に示した。キョウチクトウ科植物 (*Strophantus gratus*) およびユーカリ培養細胞はクルクミンを配糖化して、対応するβ-グルコシドに変換した。また、得られたクルクミン配糖体の水溶性をさらに向上させるため、シクロデキストリングルカノトランスフェラーゼ (CGTase) を使用してオリゴ糖誘導体へ変換することに成功した (図8) ¹⁴⁾。



8 カプサイシンの配糖化

カプサイシンは体内に吸収されると、アドレナリンの分泌を活発にし、発汗および強心作用を促す生理活性化合物である。しかし、カプサイシンは辛味の強い刺激性物質である上、水に殆ど溶けない欠点を持つ。我々の研究室では水溶性を向上させた、辛くないカプサイシン誘導体を創製する目的で、カプサイシン配糖体を開発している。結果を図9に示した。ヨウシュヤマゴボウ培養細胞はカプサイシン、および類縁体である8-ノルジヒドロカプサイシンを配糖化して、非常に高い変換率で、それぞれ対応するβ-グルコシドに変換した¹⁵⁾。また、開発したカプサイシン配糖体にもカプサイシン同様の脂肪燃焼効果がみられた¹⁶⁾。



9 おわりに

以上のように、我々の研究室で行われている、植物培養細胞による生理活性化合物の変換研究を紹介した。立体選択的な配糖化反応を化学合成で行う場合には、多段階の行程を必要とし、一方、化学合成による位置選択的な水酸化反応は制御が困難な反応である。植物培養細胞はこれらの反応を一段階で行うことができる。植物培養細胞が行うこれらの効率的な酵素反応を、生理活性化合物の安定化、水溶化、および高機能化に利用して、生体触媒としての植物培養細胞を、新しい医薬品等の生理機能物質の開発に展開していくことも可能になると期待している。

文献

- 1) D. Bowles, J. Isayenkova, E.-K. Lim, B. Poppenberger, *Curr. Opin. Plant Biol.* **2005**, *8*, 254-263; W. Offen, C. Martinez-Fleites, M. Yang, E. Kiat-Lim, B. G. Davis, C. A. Tarling, C. M. Ford, D. J. Bowles, G. J. Davies, *EMBO J.* **2006**, *25*, 1396-1405.
- 2) K. Shimoda, Y. Kondo, K. Abe, H. Hamada, H. Hamada, *Tetrahedron Lett.* **2006**, *47*, 2695-2698.
- 3) K. Shimoda, Y. Kondo, M. Akagi, K. Abe, H. Hamada, H. Hamada, *Phytochemistry* **2007**, *68*, 2678-2683.
- 4) K. Shimoda, Y. Kondo, M. Akagi, K. Abe, H. Hamada, H. Hamada, *Chem. Lett.* **2007**, *36*, 570-571.
- 5) 一般的な実験方法
実験で使用する植物培養細胞は、培養用フラスコ内の新鮮な寒天培地に植え継いで、3週間ごとに継代培養を行う。特に、変換反応に用いる培養細胞は、培養細胞の一部を寒天を含まない液体培地に移植し、振盪培養器内において25℃、120回転/分の条件で培養することにより、2週間ほどで均一なサスペンション状態の培養細胞になったものを使用する。この培養細胞(約50g)を新鮮な液体培地(100mL)に移植して、同じ培養条件で1週間前培養を行う。培養細胞への基質の投与はクリーンベンチ内において無菌状態で行う。基質10mgを前培養した細胞に投与し、一定期間、同じ振盪条件で反応を行う。細胞部分はメタノール浸漬し、メタノール抽出物を有機溶媒と水で分配し、培地部分は有機溶媒で抽出する。変換生成物をシリカゲルカラム、イオン交換カラム、TLC、HPLCを用いる各種クロマトグラフィーにより単離・精製した後に、スペクトル測定により構造解析を行う。基質の変換率は80~90%である。
- 6) Y. Kondo, K. Shimoda, J. Takimura, H. Hamada, H. Hamada, *Chem. Lett.* **2006**, *35*, 324-325.
- 7) T. Satoh, H. Miyataka, K. Yamamoto, T. Hirano, *Chem. Pharm. Bull.* **2001**, *49*, 948-953.
- 8) K. Shimoda, T. Otsuka, Y. Morimoto, H. Hamada, H. Hamada, *Chem. Lett.* **2007**, *36*, 1292-1293.
- 9) V. S. Govindarajan, D. W. Connell, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* **1983**, *17*, 189-258.
- 10) C. Morimoto, Y. Satoh, M. Hara, S. Inoue, T. Tsujita, H. Okuda, *Life Sci.* **2005**, *77*, 194-204.
- 11) K. Shimoda, T. Harada, H. Hamada, N. Nakajima, H. Hamada, *Phytochemistry* **2007**, *68*, 487-492.
- 12) T. Hirata, K. Shimoda, T. Fujino, S. Ohta, *J. Mol. Catal. B: Enzymatic* **2000**, *10*, 477-481.
- 13) K. Shimoda, S. Yamane, H. Hirakawa, S. Ohta, T. Hirata, *J. Mol. Catal. B: Enzymatic* **2002**, *16*, 275-281.
- 14) K. Shimoda, T. Hara, H. Hamada, H. Hamada, *Tetrahedron Lett.* **2007**, *48*, 4029-4032.
- 15) H. Hamada, S. Ohiwa, T. Nishida, H. Katsuragi, T. Takeda, H. Hamada, N. Nakajima, K. Ishihara, *Plant Biotechnol.* **2003**, *20*, 253-255.
- 16) H. Katsuragi, K. Shimoda, E. Kimura, H. Hamada, *Biochem. Insight* **2010**, *3*, 35-39.

執筆者紹介

下田 恵 (Kei Shimoda) 大分大学 医学部 准教授

[ご経歴] 1994年3月 広島大学理学研究科博士前期課程化学専攻修了, 1999年12月~2000年11月 英国リバプール大学博士研究員, 2002年9月 大分医科大学医学部助教授, 2007年4月 大分大学医学部准教授, 現在に至る。

[専門分野] 生体触媒化学

濱田 博喜 (Hiroki Hamada) 岡山理科大学 理学部 教授

[ご経歴] 1981年3月 広島大学理学研究科博士課程前期修了, 同年4月 広島大学理学研究科博士課程後期入学, 1983年3月 中途退学, 同年4月 岡山理科大学理学部基礎理学科助手, 1988年4月 同助手, オクラホマ州立大学生化学科博士研究員 (M. Essenberg 教授に1年間師事), 1989年4月 テキサス A&M 大学生化学科博士研究員 (A. I. Scott 教授に1年間師事), 1992年4月 岡山理科大学理学部基礎理学科助教授, 1998年4月 同教授, 2004年4月 岡山理科大学理学部臨床生命科学科・教授, 現在に至る。

1996年5月 有機合成化学協会中四国支部奨励賞, 2006年6月 中国地域産学官コラボレーションセンター「大学発ベンチャー功労賞」, 2010年7月 岡山工学振興会内山勇三化学技術賞, 2011年6月 沖縄県健康産業協議会感謝状, 2011年9月 日本植物細胞分子生物学会技術賞を受賞

[専門分野] 生物化学

研究テーマ: 植物培養細胞および酵素を活用した高機能性化合物の効率的合成と高機能性化合物の応用・実用化

寄稿論文 TCI 関連製品

T2302	D- α -Tocopherol		5g 9,800 円
T0251	DL- α -Tocopherol	25g 3,200 円	250g 12,900 円
P0042	Quercetin Hydrate		5g 4,800 円
C0705	(+)-Catechin Hydrate	1g 4,800 円	10g 2,500 円
H1314	4-(4-Hydroxy-3-methoxyphenyl)-2-butanone (= Zingerone)		5g 9,700 円
H0604	4-(4-Hydroxyphenyl)-2-butanone (= Raspberry Ketone)	25g 3,300 円	250g 19,800 円
H0236	Umbelliferone (=7-Hydroxycoumarin)	5g 3,000 円	25g 8,900 円
S0367	Scopoletin	100mg 8,500 円	1g 49,800 円
E0386	Esculetin (= 6,7-Dihydroxycoumarin)		1g 6,700 円
H0206	2-Hydroxybenzoic Acid (= Salicylic Acid)	25g 1,700 円	500g 3,500 円
H0205	3-Hydroxybenzoic Acid	25g 2,500 円	500g 19,700 円
H0207	4-Hydroxybenzoic Acid	25g 1,600 円	500g 5,300 円
D0569	2,5-Dihydroxybenzoic Acid (= Gentisic Acid)	25g 4,900 円	500g 44,700 円
C2302	Curcumin (Synthetic)	5g 4,800 円	25g 14,800 円
M1149	Capsaicin (Natural)		1g 7,700 円
M0900	N-Vanillynonanamide (= 8-Nordihydrocapsaicin)		10g 13,200 円
H0533	Hydrocortisone	1g 2,400 円	25g 26,600 円